

ELECTRIC MOTOR CONTROL DEVICE

Patent Number: JP2001309697
Publication date: 2001-11-02
Inventor(s): MATSUURA SADAHIRO
Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
Requested Patent: ☐ JP2001309697
Application Number: JP20000123735 20000425
Priority Number(s):
IPC Classification: H02P21/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To estimate the current of all phases by detecting the current of one phase in an electric motor control device controlling and driving an electric motor by current.
SOLUTION: The electric motor control device is provided with a current detector 104 for measuring the current of one phase of the electric motor 100 and a current estimation means for estimating the current of the other phase not detected by the current detector. The current of all the phases can be estimated by detecting the current of one current, and the rotational speed, output torque or the like of the electric motor can be accurately controlled.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

This document was cited in the specification.

特開2001-309697
(P2001-309697A)

(43)公開日 平成13年11月2日(2001.11.2)

(51)IntCl. H02P 21/00	識別記号 P1 H02P 5/008 A 5H576	7-73-J*(参考)
--------------------------	-------------------------------------	-------------

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全14頁)

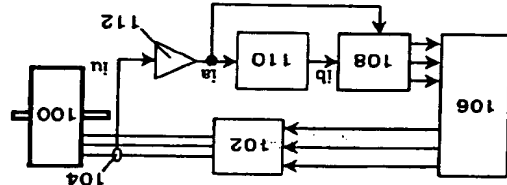
(21)出願番号 特開2000-123735(P2000-123735)	(71)出願人 00005821 松下電器産業株式会社
(22)出願日 平成12年4月25日(2000.4.25)	(72)発明者 松浦 良裕 大阪府門真市大字門真1008番地 松下電器産業株式会社内
	(74)代理人 10097445 弁理士 岩崎 文雄 (外2名) Fターム(参考) 5B578 D002 D004 D007 E01 E11 G04 H01 J04 J05 J12 J12 J25 J128 L01 L14 L122 L130

(54) [発明の名称] 電動機制御装置

(57) [要約]

【課題】 電動機を電流制御して駆動する電動機制御装置において、一つの相の電流を検出することで全ての相の電流を推定可能なものである。

【解決手段】 電動機100の一つの相の電流を推定する電流検出器104と前記電流検出器で検出しない他の相の電流を推定する電流推定手段とを具備する構成としたものである。したがって、一つの相の電流を検出することで全ての相の電流を推定可能となり、小型かつ安価で電動機の回転速度やトルク等が精度よく制御可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記電動機の一つの相の電流を推定する電流検出器を有しており、前記電流検出器で検出しない他の相の電流を推定する電流推定手段を具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項2】 少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記電動機の一つの相の電流を推定する電流検出器を有しており、前記電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する仮想相電流推定器を具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項3】 仮想相電流推定器が、電流検出器の出力値と電動機に供給する交流電流の周波数を用いて、仮想の相の電流を推定することを特徴とする請求項2記載の電動機制御装置。

【請求項4】 仮想相電流推定器が、電流検出器の出力値を時間積分した電流検出積分値と電動機に供給する交流電流の周波数を積算して、仮想の相の電流を推定することを特徴とする請求項2記載の電動機制御装置。

【請求項5】 少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記電動機の一つの相の電流を推定する電流検出器を有しており、前記電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する仮想相電流推定器と、前記電流推定器で検出した相の電流と同じ位相の相の電流を推定する電流推定器と、前記電流検出器の出力値と前記仮想相電流推定器の出力値と前記電流推定器の出力値を補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項6】 電流推定手段が、電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する仮想相電流推定器と、前記電流検出器の出力値と前記仮想相電流推定器の出力値から電動機の一つの相の電流に変換する電流検出器変換器とを具備していることを特徴とする請求項1記載の電動機制御装置。

【請求項7】 少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記電動機の一つの相の電流を推定する電流検出器と、前記電流検出器で検出した相の電流を制御する電流制御手段を出力する電流検出器を有しており、前記電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を制御する仮想相電流推定器の出力値と前記電流検出器の出力値と前記仮想相電流推定器の出力値とを補正する電流補正器と、前記電流補正器の出力値と前記電流検出器の出力値とを比較する電流比較器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

から前記電動機の固定子に印加するすべての相の電圧指令値に変換する電圧指令値変換器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項8】 仮想相電流推定器が、検出相電圧指令値と電動機に供給する交流電流の周波数を用いて、仮想相電圧指令値を推定することを特徴とする請求項7記載の電動機制御装置。

【請求項9】 仮想相電流推定器が、検出相電圧指令値を時間積分する電圧指令積分値と電動機に供給する交流電流の周波数を積算して、仮想相電圧指令値を推定することを特徴とする請求項7記載の電動機制御装置。

【請求項10】 少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記電動機の一つの相の電流を推定する電流検出器と、前記電流検出器で検出しない他の相の電流を推定する電流推定手段と、前記電流推定手段で検出した相の電流を制御する電流制御手段と、前記電流制御手段を出力する電流検出器を有しており、前記電流検出器の出力値と前記電流推定手段の出力値とを補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項11】 三相誘導電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記三相誘導電動機の一つの相の電流を推定する電流検出器と、前記電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する仮想相電流推定器と、前記電流推定器を用いて演算する仮想相電圧指令値と前記電流推定器の出力値と前記仮想相電圧指令値から前記電動機の固定子に印加するすべての相の電圧指令値に変換する電圧推定器と、前記電圧推定器の出力値と前記電流推定器の出力値とを補正する電圧補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項12】 電流推定手段が、電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する電流推定器と、前記電流推定器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を制御する電流制御手段とを有しており、前記電流推定器の出力値と前記電流制御手段の出力値と前記電流推定器の出力値とを補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項13】 電流推定手段が、電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する電流推定器と、前記電流推定器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を制御する電流制御手段とを有しており、前記電流推定器の出力値と前記電流制御手段の出力値とを補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項14】 電流推定手段が、電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する電流推定器と、前記電流推定器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を制御する電流制御手段とを有しており、前記電流推定器の出力値と前記電流制御手段の出力値とを補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

検出し、他の二つの相の電流を推定する電流推定手段と、前記電流検出器で検出した相の電流を制御する検出相電圧指令値を出力する検出相電流制御器と、前記検出相電流制御器で制御しない他の二つの相の電流を制御する非検出相電流制御手段とを有しており、前記電流検出器の出力値と前記電流推定手段の出力値と前記検出相電流制御器の出力値と前記非検出相電流制御手段の出力値とを用いて、前記三相誘導電動機と同定速度を推定する速度推定器を具備していることを特徴とする電動機制御装置であつてもよい。

【0019】また、本発明は電流推定手段が、電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する仮想相電流推定器であつて、非検出相電流制御手段が、前記電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を制御する仮想相電流制御器であつて、速度推定器が、前記電流検出器の出力値と前記仮想相電流推定器の出力値と検出相電流制御器の出力値と前記仮想相電流制御器の出力値を用いて、三相誘導電動機の回転速度を推定することを特徴とする電動機制御装置であつてもよい。

【0020】

【実施例】(実施例1)以下本発明の一実施例の電動機制御装置について、図面を参照しながら説明する。

【0021】図1は本発明の第1の実施例における電動機制御装置の構成を示すブロック図である。図1において、100は三相電動機、102はPWMインバータ、104は電流検出器、106は電動機制御器、108は三相変換器、110は仮想相電流推定器、112は増幅器である。

【0022】図2は三相電動機の相電流の時間変化を示す概念図である。

【0023】図3は二相モデルにおける電動機の電流の時間変化を示す概念図である。

【0024】図4は本発明の第1の実施例における仮想相電流推定器の推定値を示した説明図である。

【0025】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図1、図2、図3、図4を用いてその動作を説明する。

$$i_b = I_{\text{amp}} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_c = I_{\text{amp}} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_d = -\omega \int i_b dt$$

のように、 i_a を時間積分した値に四乗数 ω を乗算した値で近似することができる。

【0032】したがって、仮想相電流推定器110は、電流検出器104で検出した三相電流の1つである i_u を(数9)のように定数倍した i_a を用いて、 i_a すなわち i_u と位相差が90度である仮想の相の電流 i_b を

を説明する。

【0026】従来の電動機制御装置と同様に、PWMインバータ102は電動機制御器106からの制御信号である電圧指令値にしたがったパルス幅の信号を三相電動機100に供給する。この時、三相電動機100に供給される i_u 、 i_v 、 i_w は、図2に示すように位相差が120度の正弦波状の電流である。これらの三相電流は(数3)の三相/二相変換を行うことにより、図3に示すような位相差が90度で取り扱える簡単な二相の電流 i_a 、 i_b に変換することができる。

【0027】ここで、(数1)の関係を駆使して、(数3)の三相/二相変換は次式のように変更することができる。

【0028】

(数9)

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{bmatrix}$$

つまり、二相電流のうち i_a は、増幅器112により、二相電流の i_u に定数を乗算するだけで求めることができることになる。

【0029】一方、二相電流 i_a 、 i_b は位相差が90度の正弦波状の電流であるので、電流の振幅を I_{am} 、周波数を ω 、初期の位相を α とすると、時刻 t での二相の電流 i_a 、 i_b は次式で表すことができる。

【0030】

(数10)

(数11)

(数12)

(数13)

(数14)

(数15)

(数16)

(数17)

(数18)

(数19)

(数20)

(数21)

(数22)

(数23)

(数24)

(数25)

(数26)

(数27)

(数28)

(数29)

(数30)

オフセットは異なるものの、 i_a すなわち i_u と位相差が90度である i_b が推定可能なことが分かる。このオフセットは、公知のフィルター等の手法で補正することも可能である。

【0035】さらに、この i_a 、 i_b より、三相/二相変換器108は、公知の(数8)と同じ三相/二相変換。

(数13)

$$\begin{bmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \end{bmatrix}$$

を用いて、電流検出器104で検出した i_u 、 i_v の電流も推定でき、すべての相の電流が分かることになる。

【0036】なお、ここでは電流検出器104で検出した三相電流の1つの電流を i_u としたが、三相のうちいずれの相の電流を i_u としても構わないため、一般性を失うものではない。

【0037】また、ここでは三相電動機の例で説明したが、ステッピングモータのように二相のモータでも構わない。その場合は、仮想の相の電流がそのまま電流検出器104で検出される。

【0038】次に、第1の実施例では、電流検出器で検出した相の電流を用いて、電流検出器で検出した相と位相差が90度である仮想の相の電流を推定することができるようにするが、オフセットの補正をする必要があった。

【0039】そこで、本発明の第2の実施例として、電流検出器で検出した相と位相差が90度である仮想の相の電流を、オフセット補正が不要で推定することを可能にする。

$$i_a = I_{\text{amp}} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_b = I_{\text{amp}} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_c = -\omega \int i_b dt$$

で近似することもできる。つまり、電流検出器104で検出した電流である i_u を定数倍した i_a を、 i_u すなわち i_u と位相差が90度である仮想の相の電流 i_b を用いて(数14)のように推定することができる。

【0046】そこで、今、(数14)で推定した i_a を i_{a_c} とおくと、検出値 i_a と推定値 i_{a_c} を減算した値202により推定誤差が算出でき、この推定誤差に増幅器204により定数倍した補正入力 i_{uh} を、

(数15)

$$i_{uh} = k_h \cdot (i_a - i_{a_c})$$

とすることができ、ここで、 k_h は補正ゲインであり、

50

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} i_a \\ i_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -\omega_0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_a \\ i_b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \omega_0 \end{pmatrix} i_s + u_b$$

で表すことができ、(数16)にしたがって、 i_b を精度よく推定することができる。

[0048] この時の推定結果の一例を図6に示す。図中の横軸は時間、縦軸は電流である。図中の矢印は i_a 、波線は矢印の i_b 、点線は仮想相電流推定器によって推定した i_b である。

[0049] 図6から、オフセットもなく、 i_a すなわち i_u と位相差が90度である i_b が推定可能に分かる。

[0050] この i_a 、 i_b を用いて、第1の実施例と同様に(数13)の二相ノ三相差換を用いれば、電流検出ししていない i_v 、 i_w の電流も推定でき、すべての相の電流が分かることになる。

[0051] なお、ここでも電流検出器104で検出した三相電流の1つの電流を i_u としたが、三相のうちいずれの相の電流を i_u としても構わないため、一般性を損なうものではない。

[0052] また、ここでも三相電流検出の例で説明したが、ステッピングモータのように二相のモータでも構わない。その場合は、仮想の相の電流がそのまま電流検出ししていない相の電流になる。

[0053] (実施例3) 次に、第1および第2の実施例で、検出していない相の電流の推定手段の例を述べたが、この推定電流をそのまま利用して(数5)、(数6)に示した従来の電流検出を行うと推定遅れや誤差の要因で制御性が悪化し、最悪の場合は不安定になるという問題があった。

[0054] そこで、本発明の第3の実施例として、電流を検出しない相の電流を制御することを可能とする電動制御装置を提供する。

[0055] 以下本発明の第3の実施例の電動制御装置について、図面を参照しながら説明する。

$$v^* = K \int (i^* - i) dt + K p \cdot (i^* - i) \quad \text{[数17]}$$

として、電圧指令値 v^* を出力する。これにより、 i すなわち電流検出器104で検出した三相電流の1つである i_u を制御することが可能となる。

[0062] 次に、 i_a すなわち i_u と位相差が90度である仮想の相の電流 i_b を制御するため電圧指令値 v^* は、電圧指令値 v_a^* と位相差が90度の正弦波状の波形であるので、電圧指令値の振幅を V_{amp} 、位相差を ω_0 、初期の位相を β とすると、時刻 t での二相の

[0056] 図7は本発明の第3の実施例における電動制御装置の構成を示す全体図である。図7において、

100は三相電流検出器、102はPWMインバータ、104は電流検出器、112は増幅器、300は仮想相電流推定器、302は検出相電流検出器、304は二相ノ三相差換器、306は電動制御装置である。

[0057] 図8は本発明の第3の実施例における仮想相電流推定器からの仮想相電圧指令値を示した説明図である。

[0058] 図9は本発明の第3の実施例における電動制御装置により速度制御を行った場合の速度応答を示した説明図である。

[0059] 以上のように構成された電動制御装置について、以下図7、図8、図9を用いてその動作を説明する。

[0060] 第1、第2の実施例の電動制御装置と同様に、三相電流検出器100に供給された i_u 相、 i_v 相、 i_w 相からなる三相の固定子に供給する電流 i_u 、 i_v 、 i_w は、位相差が120度の正弦波状の電流であり、これらの三相電流は(数9)の三相ノ二相差換を行うことにより、(数10)、(数11)で表される位相差が90度で取り扱われる前二相の交流電流 i_a 、 i_b に変換することができる。ここでも、 i_a は、増幅器112により、三相電流の電流検出器104で検出した相の電流 i_u に定数を乗算するだけで求めることができる。

[0061] 次に、電流を制御するために、まず、 i_a は(数5)、(数6)で示した従来の公知のPI制御等と同じように、電動制御器306からの電流指令 i_a^* に追従させるために、検出相電流検出器302により、

[数17]

電圧指令値 v_a^* 、 v_b^* は、

[数18]

[数19]

[数20]

この(数18)、(数19)より、 v_b^* は、

[数20]

[数21]

[数22]

[数23]

[数24]

[数25]

[数26]

[数27]

[数28]

[数29]

[数30]

[数31]

[数32]

[数33]

[数34]

[数35]

[数36]

[数37]

$$v_b^* = V_{amp} \sin(\omega_0 \cdot t + \beta) \\ = V_{amp} \times \omega_0 \int (\cos(\omega_0 \cdot t + \beta)) dt \\ = \omega_0 \int (v_a^*) dt$$

のように、 v_a^* を時間積分した値に定数 ω_0 を乗算した値で近似することができる。

[0063] したがって、仮想相電流推定器300は検出相電流検出器302から出力された電圧指令値 v_a^* を用いて、 i_a すなわち i_u と位相差が90度である仮想の相の電流 i_b を仮想相電圧指令値 v_b^* により制御することが可能である。

[0064] この仮想相電流推定器300からの仮想相電圧指令値の一例を図8に示す。縦軸は時間、横軸は電圧指令値である。図中の矢印は v_a^* 、波線は v_b^* である。

[0065] 図8から仮想相電流推定器300により、電圧指令値 v_a^* と位相差が90度である仮想相電圧指令値 v_b^* が出力されていることが分かる。

[0066] そして、電圧指令値 v_a^* 、仮想相電圧指令値 v_b^* を公知の二相ノ三相差換器304により、(数8)にしたがって、三相の電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* に変換され、PWMインバータ102により、これらの電圧指令値にしたがったパルス幅の信号を三相電流検出器100に供給する。

[0067] 以上の実施例によって速度制御を行った場合の速度応答を図9に示す。横軸は時間、縦軸は速度である。図中の矢印は電動機の回転速度、波線は電動機の日周速度である。

[0068] 図9からこれらの電圧指令値により、電動機の回転速度が目標速度に追従し、速度制御が可能となることが分かる。

[0069] なお、ここでも電流検出器104で検出した三相電流の1つの電流を i_u としたが、三相のうちいずれの相の電流を i_u としても構わないため、一般性を損なうものではない。

[0070] また、ここでも三相電流検出の例で説明したが、ステッピングモータのように二相のモータでも構わない。その場合は、仮想相電圧指令値がそのまま電流検出ししていない相の電圧指令値になる。

[0071] (実施例4) 次に、第3の実施例では、検出していない相の電流の制御手段の例を述べたが、一般にPWMインバータはPWMインバータに用いられるスイッチング素子の動作遅れの影響で、スイッチング動作を行わないデッドタイムを設けてある。このデッドタイムの影響を考慮しないと電動機に印加する電圧指令値と異なり、電圧指令値を用いて電動機の制御を行う電動機制御装置の場合は、制御性が悪化することが知られてい

る。

[0072] そこで、本発明の第4の実施例として、電流検出器が電動機の一つの相の電流を測定する電動機制御装置において、デッドタイムの影響を補償可能とする電動機制御装置を提供する。

[0073] 以下本発明の第4の実施例の電動機制御装置について、図面を参照しながら説明する。

[0074] 図10は本発明の第4の実施例における電動機制御装置の構成を示す全体図である。図10において、100は三相電流検出器、102は二相ノ三相差換器、104は電流検出器、108は二相ノ三相差換器、110は仮想相電流推定器、112は増幅器、300は仮想相電流推定器、302は検出相電流検出器、304は二相ノ三相差換器、306は電動機制御装置、400はデッドタイム補償器である。

[0075] 以上のように構成された電動機制御装置について、以下図10を用いてその動作を説明する。

[0076] 仮想相電流推定器110の動作は第1の実施例と同じで、電流検出器104によって検出された電流を増幅器112で増幅された i_a と仮想相電流推定器110の出力の i_b を二相ノ三相差換器108により三相電流検出器100の三相の固定子に供給するすべての電流 i_u 、 i_v 、 i_w に変換される。

[0077] また、仮想相電流推定器300と検出相電流推定器302、電動機制御器306の動作は第3の実施例と同じである。

[0078] ここで、PWMインバータ102は一般的に、PWMインバータで用いられるスイッチング素子の動作遅れがあるため、この影響でスイッチング素子の破壊につながらないように、スイッチング動作を行わない時間を設けてある。この時間をデッドタイムと呼んでいる。このデッドタイムの影響で、電動機に印加する電圧 v_u 、 v_v 、 v_w と電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* とは異なる。次のような関係があることが知られて

いる。

[0079] [数21]

[数22]

[数23]

[数24]

[数25]

[数26]

[数27]

[数28]

[数29]

[数30]

[数31]

[数32]

[数33]

[数34]

[数35]

[数36]

[数37]

[数38]

[数39]

[数40]

[数41]

[数42]

[数43]

[数44]

[数45]

[数46]

[数47]

[数48]

[数49]

[数50]

[数51]

[数52]

ここで、 V_d はデッドタイムの長さを決まる順正電圧で、 s と n は符号を表す指数で、電流が正の場合は V_d を加算し、電流が負の場合は V_d を減算することになる。

【0082】つまり、デッドタイム補償係数400は、仮想相電圧電流調整器300と検出相電圧電流調整器302の出力を、相ノイズ調整器304により変換した電圧値 v_u 、 v_v 、 v_w を人力として、(数21)、(数22)、 v_w^* を人力として、電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* に変換して、PWNインバータ102に人力する。

【0083】これにより、変換の三相の電圧値 v_u 、 v_v 、 v_w は二相ノイズ調整器304の出力となり、二相の電圧値はそれぞれ、検出相電圧電流調整器302の出力が v_a 、仮想相電圧電流調整器300の出力が v_b となる。

【0084】以上より、電圧検出係数104で検出した電圧値だけでなく、仮想相電圧電流調整器110で推定した電圧を用いて、デッドタイム補償をすることが可能となり、三相電流検出100に印加する電圧値を推定することができ、ある。

(0085) なお、ここでも電流検出器104で検出した三相電流の1つの電流を1として、三相のうちいずれの相の電流を1として構わないため、一般性を損なうものではない。

(0086) また、ここでも三相電動機の場合で説明した
が、ステップングモータのように二相のモータでも構わ
ない。その場合は、仮想相電圧指令値がそのまま電流値
出ししていない相の電圧指令値になる。

【0087】次に、これまでの実施例では、電流検出器によって全ての相の電流を推定する電流検出方式、さらには、全ての相の電流を調製する電流制御方式について説明したが、回転速度の推定ができなければ、速度検出器を付加するか、簡便な制御しか実現することが不可能である。

〔0088〕そこで、本発明の第5の実施例として、電
機換出器1つで三相誘導電動機の回転速度まで決定する
ことを可能とする電動機制御装置を提供する。

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \alpha & 0 & \beta & 0 \\ 0 & \alpha & 0 & \beta \\ \gamma & 0 & \delta & \rho\omega_m \\ 0 & \gamma & -\rho\omega_m & \delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ \psi_a \\ \psi_b \end{bmatrix} \quad \text{〔数24〕} \\ \sigma &= R_1 + \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_2}, \quad \frac{d}{dt} \\ \beta &= \frac{M}{L_2} \frac{d}{dt}, \quad \gamma = -\frac{R_2 M}{L_2}, \\ \delta &= \frac{R_2}{L_2} + \frac{d}{dt} \end{aligned}$$

ここで、 ψ_B 、 ψ_C はそれぞれ回転電子個の…次磁束で、 50 R 、 L はそれぞれ1次側の抵抗およびインダクタ

- 9 -

ス、 M は相パインダクタンス、 ωm はモータの角速度、 p は極対数である。この二次磁束 ϕ_2 、 ϕ_1 は、

$$\phi_0 = L_0 / M \cdot \int_0^1 (v_0 - R_0) dt = (L_0 L_1 - M^2) / M \cdot l_0$$

[26]

$$\phi b = L_s / M \cdot \int (v b - R \cdot l b) d l - (L \cdot L_s - M^2) / M \cdot l b$$

と、二相の交流電流 i_a 、 i_b と二相の交流電圧 v_a 、 v_b から推定できる。

【0097】まず、速度制御を行う速度伺服器502、回転/静止状態検出器504、すべり周波数演算器506、積分器508、加算器510、増幅器512の動作について説明する。

$$I q^* = K_1 \cdot \int (\omega_2^* - \omega_2 e) dt - K_2 \cdot \omega_2 e$$

のように与える。ここで、 K_{1s} 、 K_{ps} は速度制御ゲインで、望みの応答になるように設定する定数である。したがって、速度推定が正しく行われれば、直流電動機と同等の制御性を表現することができる。

$$w = \frac{L}{R} \cdot \frac{1}{1 + \frac{L}{R}}$$

と同等の制御性を実現することができる。

【0099】誘導電動機は永久磁石がないので、永久磁石が作る磁界に相当する磁界を作るための予め定めた励磁電流を励磁電流指令値1d*に基づいて与える。そして、すべり周波数装置506は、励磁電流指令値1d*とトルク電流指令値1q*とを用いて、すべり速度ωsを(数28)で計算する。

【数29】

$$\int_{\theta=0}^{\theta=\omega} \omega = \int_{\theta=0}^{\theta=\omega} \omega + \int_{\theta=\omega}^{\theta=\omega} \omega$$

【0103】さらに、(数7)と同様の回転／静止状態
変換器504、

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{[数30]}$$

により、あたかも永久磁石があるかのように、前記の励磁電流指令値 i_d^* とトルク電流指令値 i_q^* と電圧の相角 θ を用いて演算を行う。

【0104】その結果、励磁電流指令値 I_d^* とトルク電流指令値 I_q^* は、位相差が 90° の二相の電流を指

$$\omega_{\text{eff}} = \frac{1}{\phi b} \left[\frac{R_1}{L_1} M \cdot I_1 - \frac{R_2}{L_2} \phi_2 - \frac{d}{dt} \phi_2 \right] \quad (\text{数} 31)$$

[60109]

【附32】

$$\omega \theta = -\frac{1}{\phi_0} \left(-\frac{R_1}{L_1} M \cdot i_b + \frac{R_1}{L_1} \phi_b + \frac{d}{dt} \phi_b \right)$$

この式の二相の交流電圧 i_a, i_b に、増幅器 112 の出力と反相電圧増幅器 110 を用い、二相の交流電圧 v_a, v_b に、後出相電圧増幅器 302 の出力と反相電圧増幅器 300 の出力を用いて推定すれば、電圧検出器 112 かつ三相誘導電動機の回転速度も推定可能となる。
 (0110) なお、(数31)と(数32)の2つの式ともに、分母が0となる場合があるが、(数31)の分母である二次項 ϕ_b と(数32)の分母である二次項 ϕ_a は、図3と同様に位相が90度ずれた正弦波状になるため、両方とも同時に0になることはない。そこで、二次項 ϕ_a, ϕ_b の大きさを検出し、これらが0近傍でない方の推定式を選択すれば、常に精度よく三相誘導電動機の回転速度を推定できることになる。

(0111) 以上の方式により、電圧検出器 112 かつ、三相の電圧を推定し、制御することが可能となり、さらに、速度検出器を用いなくても、三相誘導電動機の速度制御が可能となり、速度指令通りの動作を実現することができる。

(0112) なお、ここでも電圧検出器 104 で検出した三相電圧の1つの電圧を i_u としたが、三相のうちいずれの相の電圧を i_u としても構わないため、一般性を損なうものではない。

[0113]

[発明の効果] 上記実施例の記載から明らかなように、本発明の電動機制御装置は、電動機の二つの相の電圧を測定する電圧検出器と前記電圧検出器で検出しない他の相の電圧を推定する電圧推定手段を具備していることを特徴として、少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電圧群の振幅と周波数を変化させて駆動するものである。

[0114] さらに、電動機の一つの相の電圧を測定する電圧検出器と、前記電圧検出器で検出した相の電圧を制御する後出相電圧指令値を出力する後出相電圧増幅器と、前記電圧検出器で検出した相の電圧と位相差が90度である反相の相の電圧を制御する反相電圧指令値を出力する反相電圧増幅器と、前記後出相電圧指令値と前記反相電圧指令値から前記電動機の固定子に印加するすべての相の電圧指令値に変換する電圧指令値変換器とを具備していることを特徴として、少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電圧群の振幅と周波数を変化させて駆動するものである。

[図面の簡単な説明]

05 [図1] 本発明の第1の実施例における電動機制御装置の構成を示す全体図

[図2] 三相電動機の相電圧の時間変化を示す概念図
 [図3] 二相モデルにおける電動機の電圧の時間変化を示す概念図

10 [図4] 本発明の第1の実施例における反相電圧推定器の推定値を示した説明図

[図5] 本発明の第2の実施例における電動機制御装置の構成を示す全体図

[図6] 本発明の第2の実施例における相電圧推定器の推定値を示した説明図

15 [図7] 本発明の第3の実施例における電動機制御装置の構成を示す全体図

[図8] 本発明の第3の実施例における反相電圧推定器からの反相電圧指令値を示した説明図

[図9] 本発明の第3の実施例における電動機制御装置により速度制御を行った場合の速度応答を示した説明図

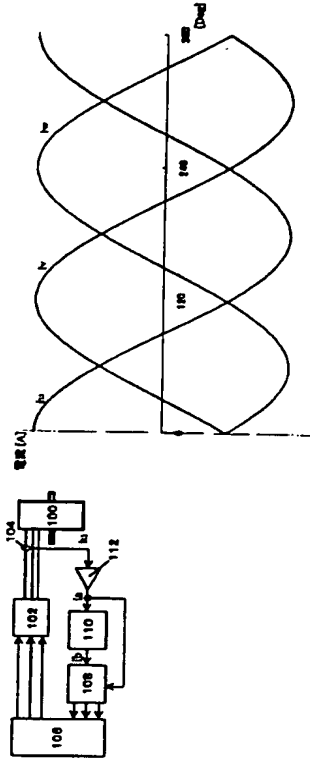
20 [図10] 本発明の第4の実施例における電動機制御装置の構成を示す全体図

[図11] 本発明の第5の実施例における電動機制御装置の構成を示す全体図

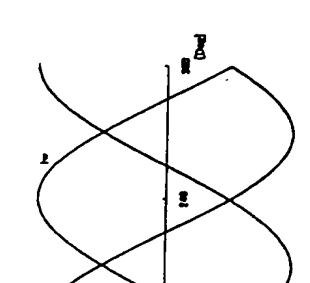
[符号の説明]

100 三相電動機
 102 PWMインバータ
 104 電圧検出器
 106, 306 電動機制御器
 108, 304 二相/三相変換器
 110 反相電圧推定器
 112, 204, 512 増幅器
 200 相電圧推定器
 202 減算器
 300 反相電圧推定器
 302 検出相電圧推定器
 400 デッドタイム補償器
 500 速度推定器
 502 速度制御器
 504 回転/静止状態検出器
 506 すべり周波数推定器
 508 積分器
 510 加算器
 514 三相誘導電動機

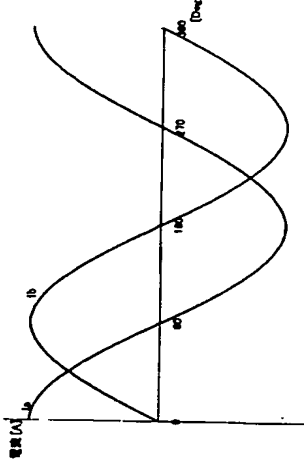
[図1]



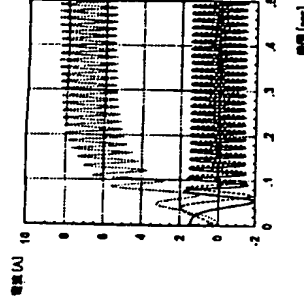
[図2]



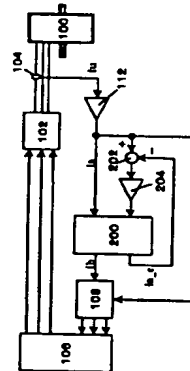
[図3]



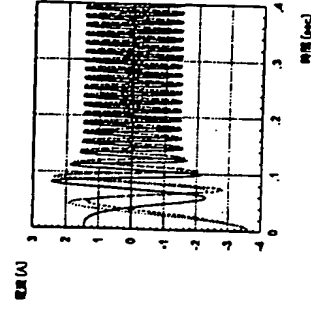
[図4]



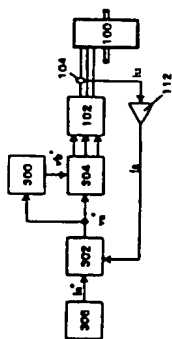
[図5]



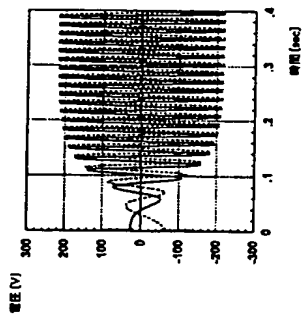
[図6]



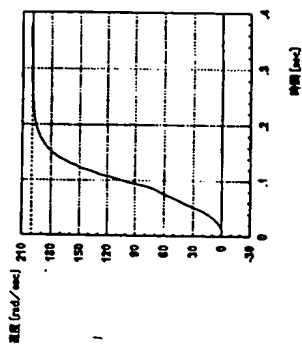
[図7]



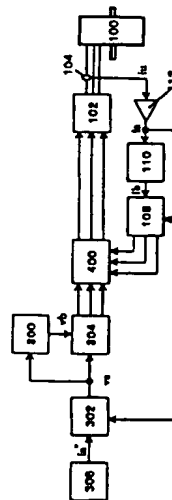
[図8]



[図9]



[図10]



[図11]

